

## РОЗДІЛ II. ЗАСОБИ СУЧАСНОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА

### ПРО СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД НА МЕТОДИКУ ВИВЧЕННЯ ПОЛІВ

Людмила АБРАМЕНКО, Микола САДОВИЙ

У статті розкривається дуалізм полів, які вивчаються у електродинаміці середньої школи.

In the article the dualism of the fields which are studied in the electrodynamics of secondary school opens up.

У шкільних підручниках з фізики відомо, що довжина електромагнітних хвиль має значення від порядку  $10^5$  м (радіохвилі) до  $10^{-8}$  см (рентгенівські промені). Світло складає незначну частину широкого спектра електромагнітних хвиль. Тим не менше якраз при вивченні цієї малої частини спектра були відкриті інші види випромінювання з незвичаними властивостями.

Аналіз діючих шкільних підручників та основних методичних посібників, де викладено навчальний матеріал з електричного, магнітного та електромагнітного полів, дозволив зробити нам висновок, що при навчанні учнів доцільно зробити наголос на наступні положення. Принципової різниці між окремими видами випромінювання немає. Всі вони відносяться до електромагнітних хвиль, які породжуються прискорено рухомими зарядженими частинками. У вакуумі випромінювання будь-якої довжини хвилі поширюється зі швидкістю 300000 км/с. Межі окремих областей шкали випромінювань досить умовні.

Випромінювання різної довжини хвилі відрізняються одне від другого за способами їх одержання (випромінювання антени, теплове випромінювання, випромінювання при гальмуванні швидких електронів тощо), за степінню поглинання речовиною і за методами реєстрації.

Перераховані види електромагнітного випромінювання породжують також космічні об'єкти і досить успішно досліджуються за допомогою штучних супутників Землі і космічних кораблів. У першу чергу це відноситься до рентгенівського і гамма-випромінювання, які сильно поглинаються атмосферою.

У міру зменшення довжини хвилі кількісна різниця в довжинах хвиль приводить до суттєвих якісних відмінностей.

Короткохвильове випромінювання (рентгенівське й особливо гамма-промені) поглинаються слабо – речовиною. Непрозорі, для хвиль оптичного діапазону речовини, прозорі для цих видів випромінювань. Коефіцієнт відбивання електромагнітних хвиль також залежить від довжини хвиль. Але головна відмінність між довгохвильовим і короткохвильовим випромінюваннями полягає у тому, що короткохвильове випромінювання більшою мірою виявляє властивості частинок.

Традиційно склалось так, що шкала електромагнітних хвиль передбачає неперервні процеси. Проте наука фізика дійшла до висновку, що шкала електромагнітних хвиль підтверджує факт, що всі види випромінювання одночасно проявляють квантові і хвильові властивості. Вони в цьому випадку не виключають, а доповнюють один одного. Хвильові властивості яскравіше проявляються при малих

частотах і менш яскраво при великих. І навпаки, квантові властивості краще проявляються при великих частотах і слабше при малих. Все це слугує підтвердженням закону діалектики про перехід кількісних змін у якісні. Встановлені закономірності притамані нашій природі.

У шкільних підручниках, посібниках з методики навчання фізики в середній школі не акцентується увага на цій закономірності природи нашої Галактики. Квантові прояви вивчаються розрізнено від хвильових, а тому немає наукового уявлення у школярів про дуалізм явищ, процесів, які вивчаються. Тому важливо показати учням дискретність полів, які вивчаються в електродинаміці.

Ми вважаємо, що у курсі фізики середньої школи необхідно показати, що електромагнітні хвилі складаються із електричних і магнітних потоків, які є дискретними, а чомусь виявилось, що електромагнітні хвилі не дискретні, отже суперечності, які виникають, пояснити важко. Ми пропонуємо пояснити це так – квантом електричного поля (поток) є квант кількості електрики. Квантом магнітного поля (поток) є квант кількості електромагнетизму – фотон, є електромагнітним квантом. Цю істину необхідно усвідомити.

Електромагнітне поле випромінювання складається з двох рухомих потоків: електричного і магнітного. Маємо фотон – як квант електромагнітного потоку випромінювання. Тому і складатися він повинен із кванта електричного потоку і кванта магнітного потоку. Приходимо з учнями до висновку, що дискретність енергії електромагнітних потоків випромінювання – квантів світла є наслідком прояву дискретності енергії електричних і магнітних потоків. В електромагнітній хвилі енергія електричного потоку завжди рівна енергії магнітного потоку.

У навчальній літературі слабо висвітлені питання, пов'язані з нестационарними електричними і магнітними потоками та струмом зміщення. Звідси нерідко виникає питання нерозуміння при розгляді польової структури електромагнітних хвиль. Тому є необхідність детально викласти у курсі фізики дану проблему. Електричне поле випромінювання є дискретним, бо вихрові електричні потоки є дискретними. Одиниця електричного потоку – Кулон, де квантом є елементарний електричний заряд.

Без уяви учнів про електричні і магнітні потоки не можна обійтись при розгляді динамічних польових процесів. Наприклад, виникнення електромагнітної хвилі у відсутності заряду, але при зміні у просторі полів пояснюється наявністю потоків зміщення. Це можна описати за допомогою польових потоків індукції. Одиницями вимірювання для електричного потоку є Кулон, магнітного потоку – Вебер, струму зміщення – Ампер. Іншими словами, електричний потік – це кількість електрики, магнітний потік – кількість магнетизму. Будь-який електричний струм зв'язаний з переміщенням певної кількості електрики (Кл/с). Наприклад, не може бути струму зміщення без руху електричних потоків, так само як не може бути струму провідності без руху електричних зарядів.

Електродинаміка дозволяє розглянути польові процеси навіть якщо потоки індукції не зв'язані з зарядженими частинками. Слід пам'ятати, що в електродинаміці під терміном «потік індукції» не розуміють реальне його існування у вигляді потоку. Потік індукції – це кількість індукції. Оскільки індукція є векторною величиною (напруженість має напрям), то і кількість індукції умовно уявляється у вигляді потоку, хоча в дійсності там немає ніякої течії. Стрілки на індукційних лініях вказують не течію, а напрям індукції, збурення, бо потік індукції – це потік вектора збурення поля.

В дійсності течуть струми провідності і струми зміщення (струм з англійської current – потік, що тече), а електричні заряди і потоки можуть бути нерухомими чи такими, що переміщуються. Поширюється електричний потік у просторі завжди зі швидкістю світла і представляє струм електричного зміщення поля. Швидкість

поширення електричного потоку залежить від середовища, в якому рухається потік. Наприклад, при русі зарядженої частинки разом з нею рухається електричний потік, який поширюється у просторі зі швидкістю світла і представляє струм електричного зміщення поля  $I_{\text{зм}} = -d\Phi_e/dt$ , где  $\Phi_e$  – електричний потік (потік електричного зміщення поля).

Ми пропонуємо такий виклад змісту навчального матеріалу, щоб з електродинаміки випливало, що елементарний електричний заряд являє собою елементарний електричний потік, бо частинка, яка має елементарний електричний заряд, є частинкою, котра володіє елементарним електричним потоком. У цьому випадку електричні потоки можуть існувати самостійно, незалежно від частинок, наприклад, у вигляді вихрових електричних потоків, які вимірюються в Кулонах, коли характеризують кількість електрики. Для порівняння: магнітні поля взагалі не зв'язані з зарядами (немає магнітних зарядів), а кількість магнетизму завжди характеризує магнітний потік, який також є дискретним. Польові потоки індукції являють польовий вид матерії, тому їх дискретність є властивістю польової матерії. Відповідно за таких обставин всі тіла мають квантову природу.

Поле може не мати енергії, коли знаходиться в нульовому вакуумному стані, тому точніше: польові потоки індукції мають енергію (масу). Наприклад, у вакуумі потоки електричної індукції  $w_e = D^2/2\epsilon_0$ , потоки магнітної індукції  $w_m = B^2/2\mu_0$ , потоки гравітаційної індукції  $w_g = -G^2/8\pi g$ , де  $\epsilon_0$  – електрична постійна,  $\mu_0$  – магнітна постійна,  $g$  – гравітаційна постійна,  $w$  – густина енергії індукційного потоку. Польова енергія може бути як додатною, так і від'ємною. Наприклад, енергія гравітаційного потоку завжди має від'ємне значення, бо щоб зменшити енергію гравітаційного потоку за абсолютною величиною, необхідно затратити енергію. Це стверджував В.Л.Гінзбург «... энергия гравитационного взаимодействия отрицательна, ...» [2, с.123]. Густина польової енергії у просторі – це сума густин всіх індукційних потоків:  $w_{\text{змг}} = D^2/2\epsilon_0 + B^2/2\mu_0 - G^2/8\pi g$ .

Доцільно дати учням початкові знання з теорії поля та вакууму. Поле єдине згідно єдиної теорії поля. Розрізняють лише потоки індукції поля, тобто єдине фізичне поле може проявлятися у вигляді різних потоків індукції: потоку електричного збурення поля, потоку магнітного збурення поля, потоку гравітаційного збурення поля. Наприклад, електричні заряди утворюють електричні потоки, заряди, що рухаються утворюють магнітні потоки. Згідно сучасних уявлень, стан поля з найменшою енергією (за абсолютною величиною) називається вакуумом. Таким чином, фізичний вакуум слід розглядати як універсальне єдине поле, у якому можуть виникати польові потоки індукції. Таке уявлення вакууму як універсального польового середовища (польового простору) дозволяє пояснити той факт, що напруженість (збурення) поля може існувати окремо від частинок, «... вакуум является универсальной средой, в которой возбуждается электромагнитное поле.» [3, с.11].

Таким чином, вакуум – це польовий простір, у якому відсутня напруженість (збурення). Напруженість поля має енергію, відповідно, потік напруженості має масу. Векторні поля мають направленість вектора напруженості, тому для таких полів введено поняття «потік». Наприклад, електрична індукція – це густина електричного потоку Кл/м<sup>2</sup>, магнітна індукція – це густина магнітного потоку Вб/м<sup>2</sup>. Таким чином, под «індукцією поля» завжди розуміється «густина потоку індукції поля».

В ході дослідження ми прийшли до висновку про доцільність чіткішого визначення у підручниках понять векторності та скалярності поля.

Поле може знаходитися у двох станах і бути (поданим) представлене як скалярне або векторне поле [9, с. 69]. Незбуджений стан – це скалярне поле, оскільки немає напруженості і, відповідно, немає залежності його параметрів від повороту системи

координат. Збурений стан – це векторне поле, бо має місце напруженість поля, яка має напрям. Збудження поля створеними польовими потоками індукції, які представляють напруженість (збурення) поля. Наприклад, стан поля з найменшою енергією, яке називається вакуумом, характеризує скалярне поле. З точки зору фізики правильніше називати не «вакуумний стан поля», а «скалярний стан поля». Таке поле не чутливе до орієнтації у просторі, на відміну від векторного. Таким чином, поділ поля на два стани – вакуумне и збуджене – це розкладання його на скалярне і векторне. Будь-який потік індукції характеризує збурення поля і завжди залежить від повороту системи координат. Скалярний стан поля не має потоку індукції. При виникненні потоку індукції скалярний стан поля переходить у векторний, бо виникає залежність від напрямку у просторі. Будь-яка матерія може знаходитись у збудженому і не збудженому станах.

Таким чином, скалярне поле – це поле, де немає збурення. Коли виникає напруженість, такий стан являє собою векторне поле, бо потік напруженості має напрям у просторі. «Скалярний стан поля», якщо коротко його визначити – «скалярне поле», також «векторний стан поля», або коротко – «векторне поле». Всі форми матерії є дискретними, «... разделение материи на две формы – поле и вещество – оказывается довольно условным.», [8, с. 337].

Аналогічно нескладно показати, що потоки електричної індукції поля матеріальні, мають енергію, масу і дискретні (фактично є характеристиками речовини), а рухомі електричні потоки також мають кінетичну енергію, релятивістську масу, яка описує магнітну енергію.

Отже, електричні поля і частинки можуть існувати і бути як разом, так і відокремлено. Але не може бути електричного заряду, без електричного потоку. Електричний потік же може існувати – без заряду. Тобто, електричний заряд передбачає застосування поняття про електричне поле, пов'язане з частинкою. Таке поле (потік) називається електростатичним (потенціальним). Вільні електричні поля (потоки), не пов'язані з частинками, називаються вихровими (непотенціальними). «Вихровое электрическое поле отличается от электростатического поля тем, что оно не связано с электрическими зарядами, ...» [11, с.189]. Отже, вихрові електричні потоки відрізняються від електростатичних потоків тим, що вони не пов'язані з частинками речовини, оскільки електричні заряди – це електричні потоки, мають зв'язок з частинками. Зарядів без частинок не буває, бо це уже будуть вільні електричні потоки, які не називаються зарядами. Можна стверджувати, що заряди у вільному стані можуть описувати вихрові електричні потоки. Так як потенціальні електричні потоки відрізняються від вихрових тим, що перші завжди пов'язані з частинками, то їхні властивості, відповідно, також мають певну відмінність, тому електричні потоки, котрі пов'язані з частинками, називають зарядами, хоч можна обійтись і без терміна «заряд», замінивши його терміном «потік». З точки зору, електродинаміки, вираз «частинка має електричний заряд» означає те ж саме, що «частинка має електричний потік».

Таким чином, електричний заряд частинки є потоком кількості електрики, де знаками (+) і (-) вказуються напрямки потоку відносно частинки. Аналогічно, полюси магніту показують лише напрямки польового потоку. По суті магнітні полюси, замість історично вживаної назви «північний» і «південний», можна називати «додатнім» і «від'ємним» в залежності від напрямку потоку. Магнітні поля (потоки), як і електричні, можуть бути або пов'язані з речовинною, або вільні від неї.

Традиційно склалось, що у змісті підручників для середньої школи, в методичних посібниках електричні поля (потоки) обов'язково пов'язуються із зарядженими частинками. Це суперечить теорії близькодії і матеріальності полів. Також ще зустрічається точки зору, що лише електричні потоки, пов'язані з частинками, є

дискретними, а вільні від частинок електричні поля, які представляють вихрові потоки кількості електрики, дискретності не мають. Так нівелюються сучасні квантові уявлення, згідно яких всі поля мають квантову природу. Квантові властивості притаманні будь-якій формі матерії як у вигляді речовини, так і поля.

### **БІБЛІОГРАФІЯ**

1. Трофимова Т.И. Курс физики. –М.: Просвещение, 1998. – С. 378, (–С.251).
2. Гінзбург В.Л. Замечание о методологии и развитии физики/Вопросы философии.-1980. –№12. – С. 36.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Электричество. – Т.3 –М.: Наука, 1996. Ч.1. –С. 11; –Ч.2. С.18.
4. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики Т. 1. –М: Наука, 2000. – 540 с.
5. Савельев И.В. ОТФ. Квантовая механика. Т.2. –М.: РПА, 1996. – С. 343.
6. Справочник по физике. /Под ред. Б.М. Яворського, А.А. Детлафа. –М.: Просвещение, 1996. – 343с.
7. Физический энциклопедический словарь/Гл. ред. А.М.Прохоров. Ред. кол.: Д.М.Алексеев, А.М. Бонч-Бруевич, А.С. Боровик-Романов и др. –М.: Сов. Энциклопедия, 1983. – 928 с.
8. Кабардин О.Ф. Физика. –М.: Наука, 1991. – С. 337.
9. Дмитриева В.Ф. Фізика . –М.: Высшая школа, 2001. – С. 258.
10. Суханов А.Д. и др. Фундаментальный курс физики. –Т.3.– М.: Наука, 1999. – С. 7.
11. О.Ф.Кабардин. Фізика //Фізика в школі, 1991. – С. 1-3.

### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Абраменко Людмила Володимирівна** – студентка КДПУ ім. В.Винниченка  
**Садовий Микола Ілліч** – доктор педагогічних наук, професор кафедри фізики та методики її викладання КДПУ ім. В.Винниченка  
*Наукові інтереси:* проблеми дидактики середньої школи.